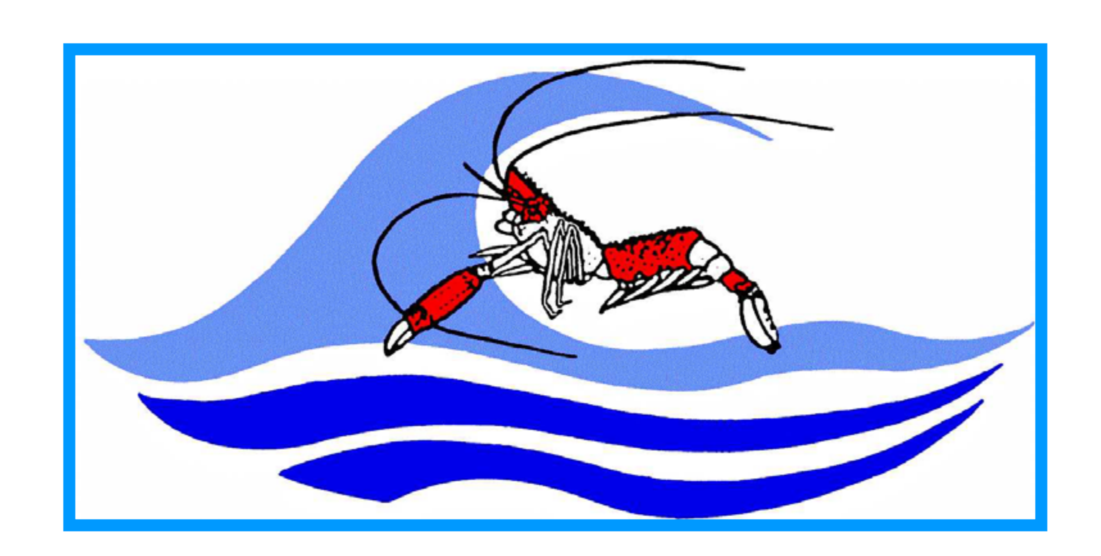
Departamento de Ciencias Marinas
Recinto Universitario de Mayaguez
Universidad de Puerto Rico



Manual del Botero y Charlas Ecológicas

Elaborado Por Milton Muñoz-Hincapié

31 de Mayo de 2002

Tabla de Contenido

Presentación

El Departamento de Ciencias Marinas (DCM) ofrece charlas ecológicas a la comunidad en general, casi desde el momento de su creación el 19 de agosto de 1968. Durante los últimos cuatro años fiscales (1997 a 2001) se ha ofrecido un promedio anual de 348 charlas, dirigidas a estudiantes de escuelas, estudiantes graduados y subgraduados de Puerto Rico y de los Estados Unidos, así como a maestros universitarios, de escuela elemental, intermedia y superior. Las charlas ecológicas se enfocan principalmente en dar a conocer de manera interactiva las características y componentes principales de los ecosistemas marinos de Puerto Rico, tales como arrecifes de coral, praderas de hierbas marinas, manglares y el de la bahía bioluminiscente.

Los visitantes que llegan al DCM tienen una amplia y variada preparación académica, por lo tanto los estudiantes boteros deben enfocar cada una de las charlas a un nivel adecuado a la audiencia. Por esta razón se incluye en este manual algunos aspectos generales que se pueden tratar durante las charlas. La información presentada no prentende ser un compendio de cada uno de los temas, mas bien quiere tratar la información básica que un estudiante botero debe conocer para guiar una salida de campo.

La preparación de este manual del botero y charlas ecológicas tiene como objetivo principal orientar y formalizar el entrenamiento de los estudiantes que inician su labor como nuevos miembros del grupo de charlas ecológicas (GCE). Se quiere dar a conocer los requisitos mínimos que se deben cumplir y cuáles son los derechos y responsabilidades que se adquieren cuando se es un estudiante del GCE. La información presentada en este documento es el resultado de la unificación de esfuerzos de los estudiantes del GCE, que han visto la necesidad de mejorar la preparación y presentación de las charlas que brinda el DCM a la comunidad.

I. Miembros del Comité de Visitantes

El comité de visitantes está conformado por:

1. Dr. Ernesto Weil (Presidente)
2. Dr. Roy Armstrong
3. Lilivette Valle Otero (Secretaria)
4. Zulma Martínez (Secretaria)
5. Neftalí Figueroa (Jefe sección de embarcaciones pequeñas)
6. Milton Muñoz-Hincapié (Estudiante Graduado DCM)

II. Requisitos para ser parte del grupo de charlas ecológicas del DCM

1. Ser estudiante del DCM y estar interesado en divulgar el conocimiento sobre los ecosistemas marinos (los estudiantes extrajeros se han visto limitados para participar en esta actividad, debido a que la Administración del seguro social no les está adjudicando un número de seguro social. Este número es requerido por el departamento de finanzas del RUM para expedir los cheques de pago).
2. Recibir entrenamiento sobre el manejo de embarcaciones pequeñas y aprobar evaluación por parte del Sr. Neftalí Figueroa.
3. Aprobar curso de navegación por parte del US Coast Guard Auxiliary o el Departamento de Recursos Naturales.

4. Realizar un entranamiento de rescate, salvamento y prevención de accidentes con el Sr. Milton Carlo, miembro del comité de actividades subacuáticas.

III. Reglamento del botero y de las charlas ecológicas

Todo estudiante graduado que participe en el programa de charlas ecológicas que brinda al público el Departamento de Ciencias Marinas, debe haber sido certificado por el señor Neftalí Figueroa, jefe de la sección de embarcaciones pequeñas.

ANTES DE SALIR DEL MUELLE

Cada estudiante botero debe estar al menos 15 minutos antes de la hora establecida para la salida, verificar en la planilla de reservación cuales son los botes destinados para la actividad del día y preparar su bote.

La preparación del bote consiste en subir a bordo dos remos, siete chalecos salvavidas (máximo seis pasajeros y el botero), conectar el tanque de gasolina al motor y verificar que este funcione correctamente. También debe cerciorarse que el bote tenga los dos tapones, amarrar a la cornamusa de proa unas 6 brazas de línea del ancla, para evitar que al llegar al arrecife se libere toda la soga. De igual manera debe llevar a bordo un juego de herramientas.

Se debe llevar un radio portátil por cada grupo de botes. En cada bote deber ir un botiquín de primeros auxilios y al menos un visor de cristal, así como las bandejas y baldes para recolección de muestras. Cada estudiante botero debe llevar su careta o máscara, snorquel y guantes.

Antes de la salida los estudiantes boteros deben acordar cual de ellos dará la charla en los correspondientes ecosistemas y cual dará las instrucciones iniciales al grupo visitante.

Se debe dar a conocer a las personas del grupo visitante quienes son los estudiantes boteros que estarán coordinando la actividad. También se les debe dar a conocer las siguientes reglas de seguridad:

- Toda persona debe llevar zapatos que se puedan mojar, como zapatos acuáticos o sandalias, los cuales le brinden la suficiente seguridad para evitar laceraciones ocasionadas por erizos o corales, etc.

- Debe llevar ropa adecuada como pantalones cortos, camisetas, trajes de baño, sombreros, gafas de sol y protector solar.

- Toda persona menor de 16 años, así como las personas que no sepan nadar deben llevar puesto un chaleco salvavidas.

- Durante el trayecto en los botes a los lugares establecidos, las personas deben estar sentadas en el lugar asignado, esta prohibido sentarse en el borde del bote y en la proa del mismo.

- No deben llevar las manos ni pies fuera del bote. Esta medida de seguridad debe ser mencionada cada vez que se estime conveniente, especialmente cuando los botes se aproximen entre sí, al circular por los canales de mangle y al salir y llegar al muelle.

- No se deben parar y bajar del bote hasta que este no se haya detenido, el motor este apagado y este correctamente anclado y hasta que Usted les indique que es el momento adecuado para hacerlo.

- Esta prohibido fumar y hacer uso de bebidas embriagantes.

- Esta prohibido tirar desperdicios en las áreas visitadas.
- No se permitirá ningún tipo de colección de especimenes, a menos que exista una autorización previa para realizar este tipo de actividad.

DURANTE LA SALIDA DE CAMPO

En cayo Enrique la charla debe realizarse en un lugar determinado. No se debe permitir que las personas visitantes caminen por la plataforma del arrecife para evitar ocasionar un severo impacto en el ecosistema.

Se recomienda que los organismos colectados sean devueltos a los mismos lugares de donde fueron tomados. Con esta medida se intenta minimizar el impacto que ocasionamos sobre los organismos y sobre su entorno. Aunque casi todos los organismos que se colectan se desplazan en la plataforma arrecifal, cada uno tiene diferentes nichos que no deben ser alterados.

En la zona de manglar se recomienda **no arrancar** las semillas de los mangles, especialmente la del mangle botón, para evitar excesivos impactos sobre estos árboles de mangle. Es mejor caminar hasta los respectivos ejemplares y enseñar sus características directamente. Las cuatro especies están muy próximas entre sí, especialmente el mangle rojo, blanco y negro. Caminar hasta el mangle botón hace más dinámica la permanencia en la zona de manglar y no necesariamente se invierte más tiempo en la charla.

AL LLEGAR AL MUELLE

Se debe bajar todo el equipo subido a bordo. Los remos y chalecos salvavidas deben ser enjuagados con agua dulce antes de ser guardados en sus respectivos lugares.

- El tanque de gasolina debe llevarse hasta el depósito de gasolina.
- Debe dejar el bote limpio y enjuagar el motor con agua dulce.

Debe informar al señor Neftalí Figueroa o a su asistente Angel Luis Figueroa (Negrito), sobre cualquier desperfecto en el equipo utilizado, así como también reportar cualquier accidente ocurrido durante la salida de campo, para escribir los informes correspondientes.

Todo estudiante botero es responsable de la seguridad e integridad de las personas que lleva en su bote. De igual manera está en todo su derecho de suspender una actividad si considera que el comportamiento de una o varias personas invitadas no es el adecuado y que puede representar peligro para el grupo en general.

Los estudiantes boteros deben tener en cuenta que las personas que visitan el departamento de Ciencias Marinas tienen diferentes formaciones académicas, no siempre relacionadas con las ciencias biológicas. Por lo tanto, las charlas deben ser organizadas, sencillas y claras para brindar un mejor entendimiento de nuestros ecosistemas marinos. Recuerde que Usted está brindando un servicio de la Universidad de Puerto Rico y del Departamento de Ciencias Marinas y de su profesionalismo depende el éxito de la actividad.

IV. Requisitos que debe cumplir un grupo para visitar el DCM en Isla Magueyes y coordinación de la actividad

Las personas interesadas en visitar el DCM y recibir una charla ecológica se deben poner en contacto con **Lilivette Valle Otero**, ya sea personalmente o

al teléfono **899-2048** extensión **223**, al fax **899-5500** o al e-mail **lili@rmocfis.uprm.edu**

Se debe enviar al DCM los siguientes documentos:

- Carta solicitando el servicio de las Charlas ecológicas.
- Lista de participantes con nombre y número de seguro social.
- Hoja de acuerdo firmada (la persona responsable de la visita se compromete a hacer llegar toda la información correspondiente a todos los visitantes, así como a enviar al DCM la lista de participantes).

El DCM envía a los visitantes los siguentes documentos:

- Reglamento para uso de embarcaciones pequeñas.
- Lista Precios por utilización de los botes.
- Hoja de acuerdo.
- Carta de confirmación.

Procedimiento de coordinación en el DCM:

- Registrar actividad en el calendario.
- Incluir los nombres de los participantes de la visita en el seguro.
- Llenar solicitud de viaje.
- Hacer factura.
- Buscar estudiantes boteros

V. Esquema sugerido para una charla ecológica

El siguiente esquema general es una sugerencia de cuales son los temas que se deben tratar durante una charla ecológica. El criterio de como enfocar la charla debe ser establecido dependiendo de la preparación de la audiencia. Por lo menos cada estudiante del GCE debe conocer estos temas para estar en capacidad de resolver alguna duda al respecto. Los numerales señalados con asteriscos corresponden a los temas tratados usualmente en una charla.

1. Origen y características del Poblado de La Parguera.

1. Geomorfología de la costa oeste de Puerto Rico.

1. * El arrecife de coral: morfología, componentes principales, presiones al ecosistema e importancia ecológica.

1. * Las praderas de hierbas marinas.

1. * Organismos representativos del arrecife de coral y las praderas de hierbas marinas.

1. * El manglar: especies en PR, diferencias morfológicas e importancia ecológica.

1. Problemas del desarrollo en las costas de La Parguera: impacto del urbanismo, la historia de las casas botes, el desarrollo turístico en el área.

VI. Historia del Poblado de La Parguera

La Parguera significa Mar de Pargos

El poblado de La Parguera se fundó aproximadamente en 1825, cuando personas de Lajas y Cabo Rojo alentados por la aventura y el deseo de mejoras económicas se mudaron al litoral y construyeron definitivamente sus hogares. Lo que más atrajo a estos primeros pobladores fue la abundancia de la pesca, las condiciones saludables del clima y las bellezas naturales del litoral. Los pobladores se dedicaron principalmente a la pesca, siembra de maíz y a la crianza de ganado vacuno y caballar. La pesca fue la actividad económica que dio auge al progreso del poblado en sus comienzos.

Los primeros pobladores levantaron sus primeras casas en las lomas frente al mar azul. Al comienzo se situaron en La Parguera alrededor de 10 familias. Cuando el pueblo de Lajas se separó del municipio de San Germán en 1883 La Parguera pasó a ser uno de los 11 barrios del municipio de Lajas.

Aumento de la Población y Desarrollo del Turismo

Cuando la pesca empezó a escasear los habitantes de La Parguera se dedicaron a la construcción de pequeñas casas para la venta y alquiler a turistas que se acercaban al área. El censo de 2000 reporta una población fija de 1141 personas, la mayoría descendientes de los primeros pobladores. No obstante la comunidad de La Parguera aumenta notablemente su población durante los fines de semana especialmente durante la semana santa, el verano y fin de año. El aumento de las viviendas ha sido significativo, para 1968 existían alrededor de 250 viviendas y para el 2000 se reportan 597.

El poblado de La Parguera fue evolucionando paulatinamente de villa de pescadores a uno de los más frecuentados centros recreativos de Puerto Rico.

Las principales actividades de turismo son paseos en bote a los cayos, por los canales de mangle, la pesca deportiva de dorado, wahoo, atún y pargos, buceo con tanques y kayaking entre otros.

El actual poblado de La Parguera tiene dos constituyentes arquitectónicos y socio-económicos diferentes. El primero es conocido como las parcelas y está constituido por las antiguas casas de los pescadores y las casas para rentar a los turistas. La segunda es conocida como las colinas y está localizada al oeste de la primera. Se caracteriza por tener construcciones más grandes y elaboradas, utilizadas como viviendas permanentes o para uso durante los fines de semana. Esta área inicia su desarrollo a finales de la década de los 80, constituyéndose actualmente en un exclusivo sector de vivienda en Puerto Rico.

II. El Arrecife de Coral

¿Cómo están formados los arrecifes de coral?

El arrecife no solo esta formado por corales sino por la acreción o compactamiento de estructuras de origen calcáreo tales como corales, moluscos y algas calcáreas entre otros. Dentro de los principales componentes de un arrecife tenemos a los corales, estos son colonias formadas por pequeños animales, llamados pólipos. Dentro del tejido del pólipo hay una población de algas o zooxantelas que viven en asociación simbiótica con el coral: el pólipo provee de protección a las algas y éstas, a su vez, proveen el alimento y oxígeno al coral. A través de miles de años, los esqueletos de los pólipos se convierten en formaciones duras, frágiles, de diversos colores y de muchas formas. Los corales presentan una baja resistencia a los impactos humanos y tardan muchos años en recuperarse. La salud de los organismos del arrecife no

sólo dependen de la temperatura (crecen en aguas cálidas: 21 y 30 ºC) y la luz sino también de la cantidad de oxígeno, salinidad y claridad del agua.

Todos los corales son miembros del reino animal y pertenecen al **Phylum Cnidaria**. Los corales hermatípicos son animales coloniales (aunque también existen formas solitarias) capaces de secretar un exoesqueleto calcáreo, el cual adopta diferentes formas de acuerdo a la especie y a las presiones medioambientales dentro de cada especie. El conjunto de estas masas esqueléticas puede formar conglerados arrecifales de varios kilómetros de extensión.

El pólipo coralino

El pólipo coralino es una especie de saco muscular hueco, provisto de una boca anterior, rodeada por una corona de tentáculos, generalmente en número de seis o múltiplos de seis. Por esto reciben el nombre de Hexacoralia, a diferencia de los Octocorales, los cuales no forman estructuras esqueléticas externas de carbonato de calcio y cuyos pólipos tienen generalmente ocho tentáculos pinados.

Sobre los tentáculos de los pólipos se encuentran baterías de células especializadas que reciben el nombre de cnidioblastos. Estos cnidioblastos presentan una gran inclusión celular llamada nematocisto que se caracteriza por una vesícula que almacena una toxina neurotrópica y un largo flagelo enrollado sobre la vesícula. La parte anterior está cerrada por un opérculo, una especie de pequeña tapa que controla la salida del nematocisto. Sobre un borde se encuentra el cnidiocilio, una estructura con una proyección que actúa como un gatillo disparador cuando entra en contacto con la presa, permitiendo que se abra el opérculo y que salga catapultado por una fuerte eversión la vesícula y el flagelo.

El flagelo se proyecta como un dardo y penetra en la víctima, canalizando por su conducto hueco las toxinas. La presa paralizada es llevada hasta la boca por los tentáculos y de aquí a la cavidad gástrica en donde es rodeada por los filamentos mesentéricos. Estos son largos cordones con células digestivas y de absorción formados sobre el borde de los tabiques mesentéricos, que son pliegues de la cavidad gástrica. Las células secretoras de los filamentos liberan las enzimas proteolíticas y empiezan a digerir extracelularmente a la presa.

El proceso de calcificación

El proceso de calcificación en corales es facilitado por la matriz de calcificación que es una película de mucopolisacárido acídico, que rodea al tejido calicoblástico o sea el secretor de estos cristales y que sirve como molde de cristalización, siendo además un medio aislante donde se catalizan las reacciones de calcificación y cristalización.

En los procesos de calcificación también intervienen una serie de productos nitrogenados y otras moléculas orgánicas, en especial la úrea, en cuya hidrólisis se liberan CO_2 y NH_3 (amoníaco), elementos fundamentales en la formación del carbonato de calcio, ya que el CO_2 es un factor limitante en la calcificación y las reacciones fotosintéticas del alga. El amoníaco es fundamental en la velocidad y dirección de la reacción de calcificación, por ser un elemento que neutraliza los protones (H^+), con lo que queda libre el carbonato de calcio:

$$Ca^{++} + H_2O + CO_3 \longrightarrow CaCO_3 + 2H^+$$

La participación de las zooxantelas es importante en la calcificación pues este proceso aumenta más de 14 veces en presencia de la luz, lo que sugiere su vinculación a la formación de carbonato de calcio ($CaCO_3$). Las zooxantelas también intervienen de manera indirecta en la calcificación aportando

aparentemente grandes cantidades de energía libre al pólipo, indispensable para el transporte activo, y trabajan sinergéticamente con la anhidrasa carbónica en la síntesis del ión carbonato, elemento fundamental en los procesos de calcificación.

Alimentación de los pólipos

La mayor parte de los pólipos coralinos permanecen retraídos durante el día en los cálices y se expanden de noche al llenar su cavidad interna con agua bombeada hacia el interior por movimientos ciliares. El pólipo mueve activamente sus tentáculos en todas las direcciones con el fin de capturar organismos planctónicos, en especial microcrustáceos, los cuales migran generalmente de noche a las aguas superficiales y son llevados al arrecife por la corriente y el oleaje. El paso contínuo de estos organismos planctónicos, le permite al pólipo disponer sus tentáculos en forma de una empalizada o red y “arponea” los pequeños crustáceos con sus nematocistos.

Algunos corales pueden capturar hasta pequeños peces. Otros pueden sacar filamentos mesentéricos por la boca y cavidades corporales para digerir cualquier tejido de origen animal que encuentre a su alcance, incluso otros corales. Este último mecanismo se ha denominado compentencia extracelentérica y establece jerarquías de agresividad entre las especies, jugando un papel importante en la distribución de los corales en el arrecife.

Algunos corales de tentáculos cortos secretan mucus creando una especie de trampa pegajosa en la cual atrapan pequeños animales del nanoplancton. También parece que los corales pueden ingerir bacterias que se desarrollan parcialmente sobre el mucus secretado e incorporan una serie de aminoácidos libres, directamente del medio marino por procesos de difusión y transporte activo.

Las zooxantelas actúan como baterías solares capaces de aportar energía al pólipo, así como carbohidratos, tomando del pólipo una serie de desechos metabólicos como CO_2 producto de la respiración y desechos nitrogenados (amoníaco), lo que hace que las algas actúen como recicladores. Los corales ocupan prácticamente todos los niveles tróficos: son organismos carnívoros, detritívoros, incorporadores de nutrientes disueltos e incluso actúan como organismos autótrofos capaces de realizar reacciones fotosintéticas con las zooxantelas asociadas y recibir de ellas nutrientes.

Reproducción de los corales

Los corales disponen de dos mecanismos de reproducción: la sexual y la asexual, siendo esta última el mecanismo mediante el cual se pueden formar las grandes colonias (dependiendo de la especie) y el conjunto de ellas, los arrecifes. En los pólipos no existe la alternancia de generaciones es decir una fase de reproducción sexual asociada al pólipo y una fase de reproducción sexual asociada a estados medusoides.

Reproducción sexual

En los corales como en toda la **clase Anthozoa** a la cual pertenecen, no existe la fase medusoide y la reproducción sexual se efectúa en el mismo pólipo. En el tejido endodermal y específicamente sobre los tabiques mesentéricos se diferencian células endodermales en gametos femeninos y masculinos. Los gametos masculinos o espermatozoides son liberados al medio y pueden fecundar externamente a los gametos femeninos liberados o ser incorporados por un coral con gametos femeninos y fecundar los óvulos en la cavidad gástrica. Esto logra el espermatozoide mediante receptores químicos, que le permiten reconocer óvulos de su misma especie. La liberación de estos gametos

está estrechamente relacionada con el ciclo lunar y con condiciones medioambientales.

El producto de esta fecundación -el zigoto – recibe el nombre de plánula, una estructura aplanada con bordes ciliares. Estas plánulas buscan mediante detectores químicos un sustrato adecuado sobre el cual fijarse, operación nada fácil en un medio de alta competencia y en donde hay poco sustrato libre. Una vez encontrado este sustrato "ideal" la plánula secreta un disco basal de carbonato de calcio e incorpora zooxantelas en un número relativamente alto, una sola plánula de *Porites* y *Pocillopora* puede contener 7400 zooxantelas.

Posteriormente se inicia la formación del anillo calicular que va a formar el cálice o copa coralina y las tecas y septas. Construido este refugio se desarrollan los primordios tentaculares anteriores en un número de seis hasta formar tentáculos funcionales, abriéndose la boca en el fondo de este ciclo tentacular.

Reproducción asexual

Este es el mecanismo de reproducción más común en los corales y es el que posibilita, por **división o gemación**, formar grandes colonias clonales. Este tipo de reproducción demanda de mucha energía y por lo tanto se efectúa cuando hay condiciones favorables y una oferta adecuada de nutrientes, indespensable para alimentar los nuevos pólipos. Las diferentes estrategias de la reproducción asexual determinan en gran parte la forma del coral y son manejadas por una información genética específica. En corales cerebro como *Diploria*, los pólipos se **dividen lateralmente** pero no se desprenden, formándose de esta manera hileras de pólipos que se desarrollan sobre una depresión o valle con septas, en el cual se pueden retraer. Otras especies, como *Montastrea* spp. o coral cavernoso, se dividen por **gemación tentacular** lo que hace que el pólipo hijo esté alejado del pólipo madre y desarrolle un cálice

independiente. A medida que las colonias crecen por reproducción asexual se van secretando grandes masas de carbonato de calcio, siendo la parte viva de esta colonia la delgada película de pólipos que se encuentra sobre ella.

Tipos de arrecifes

De acuerdo con su forma, origen y situación con respecto a la costa, los arrecifes se pueden clasificar en: arrecifes costeros o de borde, arrecifes de barrera, atolones y arrecifes de banco y de parche. **Los arrecifes de borde o costeros** se caracterizan por desarrollarse en aguas someras, directamente desde la orilla o pueden esta separados de la costa por una laguna somera de suave pendiente. Desde el punto de vista geológico éstos arrecifes son los más jóvenes.

Los arrecifes de barrera generalmente crecen paralelos a la línea de costa, pero estan separados por una gran distancia y una laguna relativamente profunda. La distancia puede variar desde uno a 45 km o más y la laguna puede exceder los 20 m de profundidad. La formación de estos arrecifes está estrechamente relacionada con los accidentes topográficos y fenómenos geológicos, ya que generalmente se forman sobre lomos submarinos emergentes, adecuados para la fijación de corales y alejados de la costa para no recibir el efecto directo de los derrames de agua dulce y aporte de sedimentos. También se pueden formar sobre plataformas que se han hundido gradualmente o por la migración hacia mar afuera de un arrecife de borde o costero.

El origen de **los atolones** está estrechamente relacionado con el de las barreras arrecifales, ya que también depende de una serie de condiciones topográficas y fenómenos geológicos. Se forman como arrecifes de borde o costeros alrededor de una isla generalmente de origen volcánico que se hunde en el mar, de esta manera el arrecife crece de forma vertical. Al hundirse

completamente el cono volcánico se desarrolla una laguna interna, mientras el arrecife adquiere una forma circular.

Los arrecifes de banco son arrecifes en mar abierto, sin una laguna central, rodeados por agua profunda y a kilómetros de la costa. Ejemplos de estos son el banco de las Bahamas, el banco de Gran Cayman y el banco de Serranilla. Los **arrecifes de parche** son pequeñas áreas de arrecifes aisladas que crecen hacia arriba desde el fondo de la plataforma insular o contienetal. Se encuentran generalmente entre los arrecifes de borde o costeros y los de barrera si hay alguno presente. Pueden variar en tamaño y la cresta pocas veces sale a la superficie.

Presiones al ecosistema e importancia ecológica

Los arrecifes del sur-oeste de Puerto Rico son susceptibles a presiones de origen antropogénico como **sedimentación** llevada al mar por escorrentía, resultante de la remoción de la capa vegetal durante la construcción de viviendas en las colinas costeras. Impactos directos ocasionados por motores de botes y anclas durante las actividades de turismo. De igual manera son susceptibles a volcamientos y sofocación con arena, durante el paso de huracanes por el área. Los arrecifes se pueden comparar con un oasis en un desierto, debido a que ofrece múltiples nichos a una alta diversidad de especies y permite una compleja cadena trófica en las aguas pobres en nutrientes (oligo y mesotróficas) donde se encuentran. Además este ecosistema nos permite el aprovechamiento de sus recursos pesqueros, de su belleza y nos sirve como fuente de conocimientos científicos.

VIII. La Pradera de Hierbas Marinas

Las hierbas marinas son plantas con flores (angiospermas) adaptadas para vivir sumergidas en el mar. Representan un grupo de plantas terrestres que invadió, antes del terciario el medio marino. Estas plantas que crecen y se reproducen en ambientes con alta salinidas son llamadas plantas halófitas. Las angiospermas halófitas pueden dividirse en tres grupos: las plantas de la costa alta o aerohalófitas, las plantas de la costa baja o higrohalófitas y las halófitas marinas o hidrohalófitas que viven sumergidas. Estas últimas se consideran el grupo más avanzado de las angiospermas hidrófitas.

Las hierbas marinas no son clasificadas como hierbas verdaderas, pues no pertenecen a la familia Poaceae (orden Graminales) que agrupa a los pastos o hierbas marinas su clasificación es estrictamente ecológica y reúne a varias familias de plantas emparentadas con los lirios y las azucenas (orden liliales). Existen aproximadamente 45 especies de hierbas marinas en el mundo y se agrupan en seis familias. De éstas, sólo tres familias reúnen a los géneros que encontramos en nuestras aguas:

1. **Cymodoceaceae**

    Halodule Endl. (= *Diplanthera* Thou)

    Syringodium Kutzing

    Thalassia Solander ex Koening

2. **Hydrocharitaceae**

    Halophila Thou

3. **Ruppiaceae**

    Ruppia Linnaeus

La mayoría de las especies de los géneros tropicales están concentrados en la región de Indo-Malasia y el Caribe. Las otras costas tropicales sujetas a cambios drásticos de temperatura no las poseen. **Los géneros** *Halodule*, *Halophila, Syringodium* y *Thalassia* son originales de la región Indo-Malasia y se cree llegaron al Caribe a través del Océano Pacífico antes del Mioceno, antes que se formara el istmo de Panamá.

En Puerto Rico las praderas de hierbas marinas son uno de los ecosistemas costeros más comunes. Son más extensas en la costa sur y este de la Isla, pero las encontramos también en la costa norte y oeste, en las áreas protegidas del oleaje fuerte. **Las especies** que componen estas praderas son:

Thalassia testudinum Banks ex Koning, 1805 = hierba de tortuga

Syringodium filiforme Kutzing, 1860 = hierba de manatí

Halodule wrightii (Ascherson, 1868)

Halophila decipiens (Ostenfeld, 1902) y

Rupia maritima Linnaeus

La distribución de las hierbas marinas depende de varios factores ecológicos. Algunos de los factores limitantes son: la temperatura, la profundidad, la turbidez del agua, la salinidad y la acción del oleaje. La profundidad y turbidez modifican la penetración de la luz necesaria para estas plantas.

Thalassia testudinum

Es la hierba marina más común y abundante del Caribe, por lo que las praderas de hierbas marinas son conocidas como praderas de *Thalassia.* Está presente desde el norte del Golfo de Mexico hasta la costa norte de Sur

América. La característica más llamativa de esta especie son sus hojas anchas, hasta de 2 cm. Posee fuertes rizomas subterráneos que crecen generalmente a profundidades entre los 3 a 15 cm bajo el sedimento. De los rizomas nacen unos brotes cortos a intervalos regulares, entre cada 9 a 13 nudos. Desde los brotes se desarrollan grupos de tres a siete hojas. La parte superior de los brotes y la basal de las hojas están envueltas por una vaina. De los rizomasse desarrollan también raíces. Las raíces de las hierbas marinas son más reducidas que las de las plantas terrestres. En las hierbas marinas la función de absorber agua y sales es compartida con las hojas y las otras estructuras.

Thalassia testudinum se propaga principalmente por el crecimiento del rizoma (reproducción vegetativa). Se reproduce también sexualmente, por medio de semillas producidas de flores incompletas (son dioicas). Las flores estaminadas o masculinas poseen una larga base (pedicelo), tres pétalos y seis estambres. Las flores femeninas o flores pistiladas están sobre una hoja pequeña (bráctea) y apenas tienen movimiento. La producción de flores es más frecuente entre los meses de abril y mayo. Los frutos son puntiagudos y pueden contener de cuatro a cinco semillas. Estos pueden flotar y trasladarse grandes distancias antes de liberar las semillas.

Las praderas de *Thalassia* son más abundantes en las zonas llanas y tranquilas del sublitoral donde existe un sustrato blando como el fango o la arena, pero pueden crecer también donde existe algún embate del oleaje y el sustrato está compuesto también por arenas gruesas. Se encuentran desde la zona intermareal hasta los 25 m de profundidad. Sin embargo, las praderas más densas se encuentran sobre los 10 m de profundidad y en áreas de salinidades entre los 25 y 40 ppm. Una salinidad menor de 20 ppm. o mayor de 45 ppm. Excluye totalmente a esta hierba marina. El pastoreo de los erizos y la insuficiencia de la luz parecen ser los factores que determinan los límites máximos de profundidad de esta especie.

Es común encontrar la hierba de tortuga coexistiendo con otras dos fanerógamas marinas: *Halodule wrightii* y *Siringodium filiforme*. Ambas especies poseen hojas más estrechas que las de Thalassia, por lo que se encuentran en desventaja al competir por la luz. Sin embargo, el que posean una hoja que ofrezca menos resistencia al oleaje les permite colonizar y mantenerse en ambientes con más energía.

Holodule wrightii

Parece ser dominante en áreas de sedimentos desnudos de organismos, donde los sedimentos son más inestables. Esta especie es considerada como una con gran capacidad para colonizar áreas que presentan movimiento continuo de las arenas del fondo por el oleaje o han sufrido disturbios que han removido a las otras especies de hierbas marinas. En zonas muy llanas donde puede ocurrir exposición al aire y al sol, *Halodule* puede ser más tolerante, pues sus hojas son relativamente flexibles y esto les permite doblegarse sobre el fondo, minimizando así la superficie que está expuesta a la desecación. En estas zonas llanas se observa que cuando Thalassia queda expuesta al aire durante mareas bajas extremas, pierde una gran cantidad de hojas, quedando el rizoma desnudo en el sustrato.

Syringodium filiforme

En Puerto Rico se encuentra normalmente en la zona más llana de la pradera, la zona de mayor embate del oleaje, en contraste en la Florida se encuentra a mayor profundidad. Puede ser dominante también en áreas de salinidades tan bajas como 14 ppm.

Halophila decipiens

Tiene la distribución más profunda de las especies mencionadas. Es común encontrarla en fondos de cienos suaves. Cuando se encuentra co-existiendo con Thalassia es más frecuente en la zona de mayor profundidad, hasta unos 30 m. La ausencia de ***Halophila*** de las zonas más llanas puede deberse a que sea desplazada por especies competitivamente superiores o por no tolerar el ambiente físico, pues sus estructuras son más delicadas y pueden ser dañadas por el oleaje.

Ruppia maritima

Tiene una distribución menos específica, posiblemente debido a que es una especie con una gran tolerancia a salinidades y temperaturas extremas. Esta especie está usualmente confinada a aguas salobres, donde apenas pueden encontrarse las especies marinas. Esta especie no aparece como un componente principal de las praderas de hierbas marinas en Puerto Rico.

En estudios de las praderas localizadas en la Bahía de Jobos, Vicente (1976), propone la siguiente zonación general: *Halodule* en la zona más llana, cerca de la línea de la orilla; *Thalassia* sola o mezclada con *Syringodium* habita en la zona de profundidad somera e intermedia; *Thalassia* domina la sección profunda de la bahía y *Halophila* se encuentra en la zona más profunda, donde no se encuentra ninguna otra angiosperma. Variaciones a este patrón deben encontrarse, pues la formación de las zonas depende de muchos factores que varían en diferentes localidades. En algunas zonas, después de los 10 m de profundidad *Syringodium* reemplaza a *Thalassia* y forma praderas hasta los 15 m. A partir de esa profundidad *Halophila* puede dominar, encontrándose en profundidades mayores a los 40 m.

IX. Organismos representativos del arrecife de coral y las praderas de hierbas marinas

Tabla 1. Especies más comúnmente representadas en el arrecife. (Tomado de Cerame Vivas, 2001).

Esponjas		
	Haliclona rubens	Dedos rojo ladrillo
	Spinosella vaginalis	Tubos púrpura fundidos
	Chondrilla nucula	Hígado de pollo
	Agelas schmidti	Cilíndros anaranjados
	Tedania ignis	Esponja de fuego, roja
	Neofibularia nolitangere	Marrón urticante irregular
	Pandaros acanthifolium	Púrpura o negra, espinulosa
	Spinocella plicifera	Azul iridiscente, arrugada
	Ircina campana	Tiesto oscuro, maloliente
	Verongula gigantea	Verde oscuro
	Xetospongia muta	Bañera
Hidrozoarios sifonóforos		
	Physalia physalis	Aguaviva, pastelillo flotante
Hidrozoarios pétreos		
	Millepora complanata	Coral de fuego laminar
	Millepora alcicornis	Coral de fuego ramificado
Medusas		
	Aurelia aurita	Aguaviva
	Cassiopeia frondosa	Aguaviva de fondo
Anémonas		
	Zoanthus sociatus	Alfombra verde, plataforma
	Palithoa caribeorum	Tocino incrustante
	Ceriantheopsis americanus	Anémona retráctil en tubo
	Bartholomea annulata	Aros en tentáculos
	Bunodosoma granulifera	Tallo verrugoso
	Calliactis tricolor	Sobre concha de cobos
	Condylactis gigantea	Grande, llamativa
	Stoichactis helianthus	Tentáculos como alfombra

Corales pétreos		
	Acropora palmata	Pencas de chicharrón
	Acropora cervicornis	Cuernos de ciervo
	Agaricia agaricites	Delicado encaje, lechuga
	Diploria labyrinthiformis	Como cerebro
	Eusmilia fastigiata	Como flores
	Favia fragum	Pequeñas depresiones
	Manicina areolata	Coral de rosa
	Meandrina meandrites	Como cerebro
	Montastrea annularis	Esférico como agujeros
	Montastrea cavernosa	Esférico con cavernas
	Porites porites	Como dedos
	Siderastrea radians	Esférico poroso
	Siderastrea siderea	Esférico poroso
Corales córneos		
	Teleto riisei	Deditos amarillos
	Briareum asbestinum	Dedos de muerto
	Eunicea mammosa	Candelabro nodoso
	Gorgonia ventalina	Abanico de mar
	Plexaura homomalla	Coral frodoso
	Plexaura grisea	Látigos
	Pseudopterogorgia americana	Plumachos
Anélidos poliquetos errantes		
	Hermodice carunculata	Gusano de fuego, urticante
Anélidos poliquetos sedentarios		
	Spirobranchus giganteus	Arbolito de navidad
	Sabella melanostigma	Plumero
	Sabellastarte magnifica	Plumero gigante
Moluscos gastrópodos		
	Aplysia dactylomela	Lapa marina, liebre marina
	Astræa cælata	Turbante
	Astræa tuber	Turbante nodoso
	Cyphoma gibbosum	Lengua de flamingo
	Fasciolaria tulipa	Tulipán castaña
	Strombus gigas	Carrucho, caracol de pala, lambí
Crustáceos estomatópodos		
	Gonodactylus oerstedii	Langostino verde

Crustáceos estenopoideos		
	Stenopus hispidus	Camarón barbero, emblema del DCM-RUM
Crustáceos carídeos		
	Synalpheus brevicarpus	Camarón pistola
Crustáceos macruros		
	Panulirus argus	Langosta
	Panulirus guttatus	Langostita
	Scyllaridae aequinoctialis	cuchareta
Crustáceos anomuros		
	Clibanarius antillensis	Cobo
	Clibanarius tricolor	Cobo
	Pagurus operculatus	Cobo
	Dardanus venosus	Cobo
Crustáceos braquiuros		
	Macrocoeloma trispinosum	Cangrejito de tres espinas
	Microsphrys bicornatus	Cangrejito bicornue
	Mithraculus sculptus	Cangrejito esculturado
Equinodermos asteroideos		
	Astropecten antillensis	Estrella de mar, en la laguna
	Astropecten articulatus	Estrella de mar, en la laguna
	Astropecten duplicatus	Estrella de mar, en la laguna
	Oreaster reticulatus	Estrella de mar, en la laguna
	Ophidiaster guildinguii	Estrella cometa
Equinodermos ofiúridos		
	Ophiocoma echinata	Estrella quebradiza grande
	Ophiothrix angulata	Estrella quebradiza
	Ophioderma brevispinum	Estrella quebradiza
Equinodermos equinoideos		
	Diadema antillarum	Erizo negro
	Tripneustes esculentus	Erizo blanco y negro
	Lytechinus variegatus	Erizo blanco y verde
	Echinometra lucunter	Erizo rojo o negro
	Echinometra viridis	Erizo verde
	Eucidaris tribuloides	Erizo rojo
Equinodermos holotúridos		
	Synaptula hydriformis	Pepino de algas
	Euapta lappa	Pepino gusano

	Astichopus multifidus	Pepino peludo
	Holothuria glaberrima	Pepino de las piedras
	Holothuria grisea	Pepino gris
	Holothuria mexicana	Pepino
	Isostichopus badionotus	Pepino de tres franjas
Peces		
	Gymnothorax moringa	Morena
	Gymnothorax funebris	Congre verde
	Aulostomus maculatus	Pez trompeta
	Holocentrus ascensionis	Gallo
	Sphyraena barracuda	Picúa
	Epinephelus guttatus	Mero cabrilla
	Cephalopholis fulva	Mero mantequilla
	Epinephelus itajara	Mero batata
	Epinephelus guaza	Mero guasa
	Seriola dumerili	Medregal
	Lutjanus vivanus	Pargo chillo
	Lutjanus analis	Pargo sama
	Lutjanus synagris	Pargo arrayao
	Ocyurus chrysurus	Pargo colirrubia
	Haemulon plumieri	Cachicata, boquicolorao
	Chaetodon capistratus	Mariposa
	Pomacanthus arcuatus	Palometa
	Holacanthus ciliaris	Isabelita
	Stegastes dorsopunicans	Damisela
	Bodianus rufus	Capitán
	Lachnolaimus maximus	Capitán
	Sparisoma viride	Loro verde, cotorro
	Acanthurus bahianus	Médico, cirujano
	Acanthurus chirurgus	Médico, cirujano
	Balistes vetula	Peje puerco
	Diodon histrix	guanábano

X. El Ecosistema de Manglar

¿Qué es un manglar?

La palabra manglar se emplea para designar a un grupo de especies de árboles o arbustos que poseen adaptaciones especiales que les permiten colonizar terrenos anegados sujetos a intrusiones de agua salada. También se denominan como plantas halófitas facultativas por tolerar amplios rangos en salinidad que van desde 5 a 90 ‰. Se desarrollan principalmente en los trópicos aunque en algunas regiones se pueden encontrar en regiones subtropicales o templadas.

¿Cuántas especies existen en el mundo?

Existen cerca de 60 especies de mangles, pertenecientes a diferentes familias. La región del océano Indico y Pacífico Occidental cuenta con 44 especies. En cambio las costas orientales y occidentales de las Américas cuentan con sólamente siete u ocho especies cada una, para un total de escasamente diez especies para el Nuevo Mundo.

¿Cuántas especies existen en Puerto Rico?

En la cuenca del Mar Caribe incluyendo a Puerto Rico existen cuatro géneros y cuatro especies de mangle. Estas son:

1. Mangle rojo (*Rhizophora mangle*).
2. Mangle Blanco (*Laguncularia racemosa*).
3. Mangle negro (*Avicennia germinans*).

4. Mangle Botón (*Conocarpus erecta*).

¿Dónde se desarrollan los manglares? Condiciones necesarias para su desarrollo

El manglar se desarrolla en mayor grado donde se reúnen las siguientes cinco condiciones:

1. **Temperaturas cálidas:** Donde la temperatura promedio del mes excede los 20 ºC y la fluctuación promedio annual no supera los 5 ºC.

1. **Sustratos aluviales:** Los manglares mejor desarrollados se encuentran en costas deltáicas donde predominan lodos finos ricos en materia orgánica, especialmente cuando los sedimentos son derivados de rocas volcánicas.

1. **Resguardo del oleaje y fuertes marejadas**: Niveles altos de energía causan erosión e impiden el asentamiento de las plántulas y semillas.

1. **Presencia de agua salada:** Los manglares son halófitos facultativos que ocupan aquellos terrenos donde las plantas de hábito estrictamente terrestre no pueden desarrollarse debido a la presencia de sales. Su mejor desarrollo generalmente ocurre donde las salinidades fluctuan entre 5 y 35 ‰.

1. **Gran amplitud de marea:** Una amplia fluctuación de marea y un declive reducido permiten la intrusión de sal a grandes distancias tierra adentro. La amplia faja de terrenos afectados por la intrusión salina puede ser colonizada por el manglar.

Los árboles del manglar alcanzan hasta 45-50 m de altura en ambientes óptimos, cerca del ecuador, donde hay disponibilidad de nutrientes, grandes amplitudes de la marea y temperaturas altas y constantes. En lugares donde las

condiciones son rigurosas como temperaturas subóptimas, la altura de copa no excede los 2 m de altura. En condiciones de aridez extrema o salinidades demasiado altas, es decir 90 ‰ el manglar se desarrolla como un arbusto de menos de un metro de altura (tres pies).

Zonación no sucesión

Las especies de mangle se distribuyen donde las condiciones geográficas y morfológicas del lugar favorecen su desarrollo. Por esta razón no siempre se encuentra exactamente el mismo orden de las especies en una determinada franja de manglar. Es decir la manera como se encuentran distribuidos los mangles no es una sucesión desde el punto de vista ecológico, sino más bien una zonación de las especies de acuerdo a los factores bióticos y abióticos que condicionan su presencia en un lugar.

MANGLE ROJO (*Rhizophora mangle*)

El mangle rojo es el género de más amplia distribución, localizado en la franja intermareal, generalmente se encuentra en la parte exterior de las áreas de manglar y en los bordes de los canales.

Morfología

Hojas: Son simples, opuestas y pecioladas de 8-10 cm de longitud y 4-5 cm de ancho. . Tienen consistencia gruesa y son cerosas, lo que impide una rápida descomposición.

Flores: En cada tallo o pedúnculo hay de dos a cuatro flores. Las flores son pequeñas, de 2.5 cm de diámetro con cuatro sépalos lanceolados, gruesos y coriáceos.

Raíces: Las raíces del mangle rojo se denominan raíces fúlcreas, aéreas o de zancos que forman un complejo sistema que parten desde el mismo tronco o de las ramas laterales y caen hacia el suelo. Esta red de raíces además de llevar a cabo funciones vitales de nutrición y aereación, son el resultado de una selección adaptativa que le provee sostén al árbol, pues estos crece en zonas de sedimentos muy finos y poco consolidados. La corteza de las raíces también contiene taninos que son unas sustancias de naturaleza polifenólica que les hace resistentes a la descomposición bacteriana y le dá a la corteza el color rojizo característico.

Corteza: El mangle rojo tiene una corteza enteriza, uniforme, que lo diferencia de otras especies de mangle.

Bosque latente: Se denomina de esta manera a pequeños arbolitos de mangle rojo que han germinado a partir de propágulos, que crecen entre las raíces de los árboles grandes y que no sobrepasan 1.5 m de altura. Estos arbolitos constituyen una reserva o un bosque latente y están a la espera de las condiciones de luminosidad y espacio necesarios para desarrollarse. Este bosque latente se desarrolla generalmente después de la defoliación y estragos causados por el paso de un huracán.

Bosque en general: En general los árboles de R. mangle son de 4-10 m de altura, pero en regiones de Colombia y Ecuador alcanzan 45-50 m. Los árboles de mayor talla tienen una copa reducida y el tronco libre de ramas laterales en gran parte de su longitud.

Fisiología

Mecanismos adaptativos para la eliminación de sales: El sistema radicular del mangle rojo es el órgano encargado de este proceso, cuando

absorben agua separan las sales y sólamente incorporan el agua con los nutrientes necesarios para su crecimiento.

Mecanismos de reproducción: El fruto germina cuando aún está prendido al árbol. Madura en dos o tres meses, luego de los cuales se desarrolla el embrión. Permanece en el árbol por 11 o 12 meses. Esta estructura se llama propágulo y mide aproximadamente 20 cm de longitud y cuando cae ya tiene dos pequeñas hojas en la parte superior (epicótilo), que le van a permitir realizar la fotosíntesis. El pequeño tallo (hipocótilo) generalmente es curvo y tiene lenticelas, la parte inferior de color café formará el sistema de raíces.

Casi siempre este propágulo cae en sedimentos suaves entre las raíces de los árboles grandes donde se puede enterrar y continuar su desarrollo. En algunas ocasiones cae directamente al agua, donde puede flotar y ser transportado por las corrientes debido a que su pequeño tallo es como un corcho. Inicialmente flota horizontalmente y luego de varios dias se vá hidratando y se hace más pesado y se hunde en el agua flotando verticalmente, hasta que llegue a un lugar somero, donde la plántula se puede establecer. Este mecanismo de reproducción ha permitido que el mangle rojo colonice regiones bastante alejadas de las áreas costeras de mangle. Esto explica la existencia de árboles de mangle rojo en los cayos aledaños a La Parguera.

Lenticelas: Las lenticelas son organelos en forma de poros a semejanza de los estomas de las hojas, que se localizan en la corteza de tallos y raíces, que les permite aumentar el intercambio gaseoso de los procesos respiratorios. Esta es una respuesta adaptativa, debido a que los mangles se desarrollan en sedimentos anóxicos o subóxicos (escasa o nula presencia de oxígeno).

Algunos usos del mangle rojo

En algunos países de Suramérica a pesar de legislaciones existentes para preservar el manglar aún se utiliza el mangle rojo, entre otras cosas para la obtención de madera, producción de carbón vegetal, como fuentes de taninos para "curar" las redes de pesca y para la obtención de extractos medicinales, especialmente la utilización de su corteza para curar afecciones de la garganta y preservar la salud del cabello.

MANGLE BLANCO (*Laguncularia racemosa*)

El mangle blanco se encuentra en algunas zonas después del mangle rojo. Esta especie está circunscrita a las Américas y a la costa occidental de Africa. En algunos sectores se encuentra frente al mar y puede crecer en ambientes de baja salinidad (5 ‰), se desarrolla en condiciones óptimas en sustratos arenosos.

Morfología

Hojas: Son opuestas, simples, enteras, de textura coriácea y suculentas. Son oblongas con un ápice redondeado. El haz (superficie superior) es verde grisáceo, mientras que el envés (parte inferior) es más claro.

Flores: Son pequeñas y numerosas, los pétalos son grisáceo-blanquecinos, tubulares, con cinco aristas prominentes. El fruto mide 1.5-2.0 cm de longitud, es ligeramente aplanado y cubierto por una pequeña capa de vellos.

Corteza: El tronco del mangle blanco tiene una corteza fisurada, a manera de tiras longitudinales (a lo largo del tronco), que lo diferencia de otras especies de mangle.

Raíces: El sistema radicular del mangle blanco es poco profundo y no presenta raíces zancos como el mangle rojo, además tiene un sistema de neumatóforos.

Bosque en general: Los árboles de mangle blanco alcanzan hasta 20 m de alto aunque generalmente se encuentran como árboles de mediana altura de 4-6 m de alto.

Fisiología

Mecanismos adaptativos para la eliminación de sales: Las hojas del mangle blanco poseen dos glándulas a lado y lado del peciolo que son las encargadas de la excreción de sal.

Mecanismos de reproducción: En esta especie el fruto se desprende de la planta con suma facilidad. Generalmente el embrión solo logra romper la testa poco antes de caer al suelo. Puede considerarse como una especie semivivípara, pues el embrión se desarrolla rápidamente una vez cae al suelo. El fruto puede germinar rápidamente una vez que cae o puede flotar por 20 o 30 días. Las semillas pueden germinar en 11 días en agua dulce y en 16 días en agua salada.

Neumatóforos: Son unas pequeñas proyecciones redondeadas del sistema radicular principal. Estos neumatóforos sobresalen del suelo (geotropismo negativo, crecimiento en sentido contrario a la acción de la fuerza de gravedad) para permitir la aereación del sistema radicular. Los neumatóforos del mangle blanco son más pequeños que los del mangle negro.

MANGLE NEGRO (*Avicennia germinans*)

El mangle negro es la especie más tolerante a condiciones climáticas y edáficas rigurosas. Por esta razón es la especie dominante o exclusiva de ambientes marginales en los límites latitudinales o en las áreas con alto contenido de salinidad.

Morfología

Hojas: Son opuestas, elíptico-lanceoladas y de borde enterizo con un ápice agudo. Generalmente alcanzan 8 cm de largo por 3 cm de ancho. El haz de la hoja es verde y el envés es verde amarillento.

Flores: Están dispuestas en grupos terminales y son pequeñas, de 5 mm de largo y 2-5 mm de diámetro. La corola es blanca y está dividida en cuatro partes.

Corteza: El tronco del mangle negro tiene una corteza entera, de color gris oscuro o negro con un interior amarillento.

Raíces: El sistema radicular del mangle negro es superficial y no presenta raíces zancos como el mangel rojo, además tiene un sistema de neumatóforos.

Bosque en general: Los árboles de mangle negro son de tamaño varible alcanzando hasta 15 m de altura y diámetros de 30-50 cm o más. Sin embargo en terrenos altamente salados o en ambientes marginales y rigurosos crecen como arbustos de poca estatura.

Fisiología

Mecanismos adaptativos para la eliminación de sales: Las hojas del mangle negro funcionan como los órganos excretores de sal. Los cristales de sal son depositados en el haz de las hojas por medio de los estomas. Las hojas viejas suelen acumular altas concentraciones de sal antes de desprenderse.

Mecanismos de reproducción: El fruto es una cápsula ovalada y achatada, el embrión se desarrolla antes de la caida del fruto. El embrión puede flotar por varias semanas sostenido por sus cotiledones suculentos, antes de establecerse en el lugar adecuado para crecer.

Neumatóforos: Son unas proyecciones largas del sistema radicular principal que es muy superficial y está dispuesto radialmente alrededor del tronco. Los neumatóforos brotan de estas raíces radiales y alcanzan alturas de 20 cm o más sobre el suelo. Al igual que en el mangle blanco, la función es permitir la eareación del sitema radicular.

MANGLE BOTON (*Conocarpus erecta*)

Generalmente esta especie no se considera como un mangle verdadero sino como una especie periferal. Se encuentra en las partes más elevadas y sobre terrenos arenosos y menos salados.

Morfología

Hojas: Es la única especie de mangle con hojas alternas, de 4-9 cm de largo y 2-3 cm de ancho, son elípticas o elíptico-lanceoladas con dos glándulas en su base. Los peciolos son cortos.

Flores: Son diminutas (2 mm de ancho), verdes y olorosas, aglomeradas en inflorescencias globulares de 6-12.5 mm de diámetro. Los glóbulos se convierten luego en una fruta agregada y redonda, lanosa y de color castaño.

Bosque en general: Los árboles de mangle botón se desarrollan como arbusto pero en lugares favorables se desarrollan como árboles alcanzando los 5-7 m de altura. En Puerto Rico el mangle botón puede formar bosques monoespecíficos en lagunas de muy baja salinidad (5 ‰), que han quedado aisladas de la costa. Frecuentemente forma bosquecillos sobre los litorales rocosos.

Fisiología

Mecanismos adaptativos para la eliminación de sales: A semejanza del mangle blanco el mangle botón tiene dos pequeñas glándulas a cada lado del peciolo de us hojas que también funcionan como los órganos excretores de sal.

Mecanismos de reproducción: El fruto es una cápsula con forma globular o de pequeña piña, provisto con cámaras de aire y un gran número de semillas.

IMPORTANCIA ECOLÓGICA DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR

1. Los manglares son ecosistemas de alta productividad debido a su alta producción de materia orgánica, lo que sustenta a una gran variedad de organismos vertebrados e invertebrados.

2. Criaderos y habitat para muchas especies de invertebrados y vertebrados como ostras, almejas, gasterópodos, langostas, cangrejos, peces, algas y esponjas.

3. Hábitat para un gran número de aves migratorias como la garza del ganado *Bubulcus ibis* que viene de Africa o endémicas como la mariquita, así como para pequeños reptiles.

1. Brinda protección a las costas. Previene los daños ocasionados por la erosión del terreno por los fuertes oleajes debido a las marejadas, tormentas y huracanes.

1. Funcionan como pulmones del medio ambiente, produciendo oxígeno y utilizando el bióxido de carbono del aire durante el proceso de fotosíntes en el dia.

1. Sirven como filtradores físicos y químicos de flujos de agua no absorbida por el terreno y aumentan la calidad del agua para los organismos marinos.

1. Estabilizan y retienen los sedimentos sueltos del fondo y los que se encuentran suspendidos en el agua.

1. El ecosistema de manglar proporciona la base de la cadena alimenticia de un gran número de organismos vertebrados e invertebrados.

1. Permiten aprovechamiento económico de las comunidades humanas por la explotación de los recursos ícticos y las actividades turísticas.

BIOGEOGRAFÍA DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR

La riqueza de especies de mangle en el Indo-Pacífico y la pobreza de especies en el Nuevo Mundo ha sugerido a varios investigadores que el centro de origen de estas plantas fue la región Indo-Malásica. Desde este centro de origen, se diseminaron los géneros de *Rhizophora* y *Avicennia*, en dirección a las Américas. Algunos autores sugieren que la ruta de migración de las semillas

fue por el Océano Pacífico y otros dicen que por el Océano Atlántico, esta última ruta explica mejor la distribución global actual del ecosistema de manglar. Cualquiera que haya sido la ruta, se sugiere que ambas especies alcanzaron la región este y oeste de las Américas durante el Cretáceo Superior cuando aún no existía el istmo de panamá.

Planes de manejo y leyes que protejen el ecosistema de manglar en Puerto Rico

Base legal: Leyes y reglamentos vigentes

Mediante la ley 23 del 20 de Junio de 1972 "Ley orgánica del Departamento de Recursos Naturales", la asamblea legislativa confirió al departamento de Recursos Naturales la responsabilidad de implantar la conservación y mantenimiento de los recursos.

Reglamento Número 17, "Reglamento de zonificación de la zona costanera y de accesos a la playa y costas de Puerto Rico", que tiene como objetivo establecer criterios y mecanismos para la delimitación, vigilancia, conservación y saneamiento de la zona marítimo-terrestre.

Planes de manejo: Programa de manejo de la zona costera de Puerto Rico.

Este programa esta bajo el Departamento de Recursos Naturales, el cual, comenzó el plan de manejo para los manglares en 1989. Su objetivo principal es el de proteger y preservar los manglares promoviendo el uso de la recreación pasiva en estos, investigación científica y turismo, sirviendo de guía para un manejo sostenido del recurso. Se debe evitar el corte (excepto con autorización), relleno, dragado, excavaciones, construcciones, descargas de aguas residuales

y establecimiento de vertederos, casas, negocios comerciales o industrias en zonas de bosques de manglar.

XI. La Bahía Bioluminiscente

Generalidades

La Bahía Boluminiscente tiene una extensión de 46 cuerdas y se formó a finales del siglo XIX, cuando un manglar se desarrolló conectando a Isla Matei con Puerto Rico y cerrando así la bahía. Una salina al norte de la bahía descarga sus salmueras en su interior, razón por la cual la salinidad del agua del fondo de la Bahía Bioluminiscente puede llegar a ser hasta diez veces más salada que el agua de mar normal. Tiene forma de tazón con una profundidad máxima de 4 m en el centro, que es mayor que la profundidad del canal de acceso, lo que ocasiona que aguas de alta salinidad queden atrapadas en el interior de la bahía.

El área donde está localizada la Bahía Bioluminiscente es muy árida con escasa precipitación y altas temperaturas, lo que ocasiona que pueda perder hasta un 20 % de su volumen de agua a la atmósfera por evaporación. El agua que se evapora va a ser reemplazada por agua de la superficie de la zona costera exterior, creándose un flujo de entrada, el resultado neto es que a la bahía entra más agua de la que sale. Hasta una quinta parte del agua de la bahía va directamente a la atmósfera por evaporación y no al mar.

La bahía está rodeada por mangle rojo y la hojarasca del mangle que cae en la bahía va al fondo, donde es degradada por bacterias. Durante el proceso de descomposición se produce vitamina B12 que favorece el crecimiento de muchos organismos unicelulares.

Organismos Bioluminiscentes en la Bahía

La bioluminiscencia es producida por dos organismos dinoflagelados llamados: ***Pyrodinium bahamense*** y ***Peridinium crassipes***. Estos organismos pertenecen al **Reino protoctista** y al **Phylum Dinomastigota**, según la clasificación de Lynn Margulis y Karlene Schwartz (1998).

Estos organismos son unicelulares y fotosintéticos, de manera que durante el día están en la superficie donde se encontrarán en mayor proporción. Durante la noche se dispersan en toda la columna de agua, la escasa profundidad en la entrada evita que estos organismos se escapen por el canal de entrada. La característica principal de *Pyrodinium bahamense* y *Peridinium crassipes* es que poseen dos flagelos, uno de ellos circunda el cuerpo y va entre una grieta transversal y el otro entre una grieta longitudinal. La cubierta protectora de estos organismos está compuesta de celulosa pegada con sílica. La reproducción es generalmente por fisión, son tan pequeños (20 μm a 50 μm) que pueden caber 25 – 50 millones de dinoflagelados en un litro de agua.

¿Qué es la Bioluminiscencia?

Bioluminiscencia se refiere a la luz fría emitida por organismos y se conoce que es producida por muchas **especies marinas de bacterias**, **dinoflagelados** e **invertebrados pelágicos, bentónicos**. Entre los **vertebrados**, los peces son los más conocidos por producir bioluminiscencia, especialmente los de las profundidades del mar, donde es la única forma de luz a profundidades de 1000 m o más.

La bioquímica de la producción de la luz fría no se conoce completamente, pero se piensa que es el resultado de la oxidación de compuestos orgánicos de origen proteínico llamados "**Luciferinas**" en presencia de una enzima "**Luciferasa**". La reacción tiene lugar en células especializadas

llamadas "**fotocitos**" o en organismos más complejos en órganos conocidos como "**fotóforos**".

Función de la Bioluminiscencia

La bioluminiscencia puede tener una función de comunicación, pero para muchas especies no se tiene certeza de su función. En algunas especies planctónicas la bioluminiscencia ocurre cuando el organismo es movido por las olas de un bote al pasar o un animal nadando. Después de ser molestados algunos grupos (como sinóforos, ctenóforos, medusas, ostrácodos y calamares de aguas profundas) derraman tentáculos luminiscentes o liberan nubes de líquido luminiscente. Estos compuestos químicos actúan como una fachada para distraer a potenciales predadores, mientras el predador busca en dirección a la fuente de luz ellos nadan en otra dirección.

En algunas especies pelágicas la bioluminiscencia puede servir como un tipo de camuflaje para evitar exponer el contorno de su figura contra la luz de la superficie. Algunos crustáceos como krill (*Euphasia spp*.) han desarrollado ojos sensibles a la luz. Ellos pueden utilizar la bioluminiscencia para comunicarse con otros de su clase, o para anunciar el peligro de un predador o como señal reproductiva.

Algunos peces de agua profunda usan la bioluminiscencia para atraer presas a proximidades de la luz, esto ahorra energía que puede ser utilizada para cazar. La habilidad para producir luz fría ha evolucionado independientemente en una gran variedad de organismos marinos y tiene un gran número de usos desde "luz búsqueda", llamar la atención, señal de peligro, reacción de miedo, acción de escape, camuflaje, comunicación para alimentación y reproducción.

Referencias

BUREUA FOR GLOBAL PROGRAMS, U. S. DEPT. OF COMMERCE, ECONOMICS AND STATISTICS ADMINISTRATION, BUREAU OF THE CENSUS. 2001. Perfiles de Características Demográficas Generales. Censo 2000. V. I y II. Puerto Rico.

CERAME VIVAS, M. J. 2001. Ecología, Puerto Rico. Pensamiento Crítico para el Nuevo Milenio. Publicaciones Puertorriqueñas, Inc. Mayagüez. 207 pp.

DANDO, M., M. BURCHETT AND G. WALLER. 1996. Sea Life. A Complete Guide to the Marine Environment. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. p 65.

GARCÍA RIOS, C. I. 1990. Guía de los Ecosistemas Marinos de Puerto Rico. Las Praderas de Thalassia de Puerto Rico. Programa del Colegio Sea Grant de la Universidad de Puerto Rico. Serie de Educación Marina UPR-E2-48. 53 pp.

HICKAMAN, C. P. 1973. Biology of the Invertebrates. Second edition. The C. V. Mosby Company. Saint Louis. p 35-92.

HUMAN, P. 1996. Reef Coral Identification. Florida, Caribbean, Bahamas. New World Publications, Inc. Jacksonville, Florida. 252 pp.

HUMAN, P. 1996. Reef Creatures Identification. Florida, Caribbean, Bahamas. New World Publications, Inc. Jacksonville, Florida. 344 pp.

HUMAN, P. 1997. Reef Fish Identification. Florida, Caribbean, Bahamas. New World Publications, Inc. Jacksonville, Florida. 392 pp.

Kjerfve, B., L. D. de Lacerda and E. H. Salif Diop.1997. Mangrove Ecosystem Studies in Latin America and Africa. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO. France. 349 pp.

MARGULIS, L. AND K. V. SCHWARTZ. 1998. Five Kingdoms. An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth. Third Edition. W. H. Freeman and Company. New York. p 136-137.

VON PRAHL H Y H. ERHARDT. 1985. Colombia Corales y Arrecifes Coralinos. Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis" FEN Colombia. Universidad del Valle. Bogotá. 295 pp.

SÁNCHEZ-PÁEZ, H. 1994. Los Manglares de Colombia.. En Suman O. D. (Ed.) El Ecosistema de Manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe: Su Manejo y Conservación. Universidad de Miami y The Thinker Foundation. New York. p 21-33.

SOUTHWARD, A. J., P. A. TYLER, C. M. YOUNG AND L. A. FUIMAN. 2001. Advances in Marine Biology. Academic press, San Diego, California. 361 p.